

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 11 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2013

課題番号：24700608

研究課題名(和文) 同一課題を行う他者のパフォーマンスの影響：他人のエラーは伝染するか？

研究課題名(英文) Effect of other's error in joint action

研究代表者

阿部 匡樹 (Abe, Masaki)

東京大学・先端科学技術研究センター・研究員

研究者番号：40392196

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円、(間接経費) 1,020,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の主な目的は、1)隣合わせで同一課題を行う他者のエラーが、自身のパフォーマンスにどのような影響を及ぼすか、2)その他者と共同課題を行う際、どのようにそのエラー特性が自身のパフォーマンスを修飾するか、を明らかにすることであった。力発揮課題を用いた実験により、以下の2点が示された。1)隣合わせで同一課題を行う他者のエラーは、自身の試技毎のエラー修正過程には有意な影響を及ぼさなかったが、その後行われた共同課題時のパフォーマンスにおいては有意な影響を示した。2)この影響には運動制御の最適化だけでなく個々の社会性を反映した修飾が含まれており、それぞれの影響の度合いは共同課題を行う人数に依存しうる。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study was 1) to examine how the performance in goal-directed tasks was affected by the errors of others who play the same task beside, and 2) to examine the effect of the others' errors on the performance when performing the joint action with them. We demonstrated the following results. 1) while the error correction process in the discrete force-matching tasks was not significantly affected by the errors of others who play the same task beside, the following joint task showed the significant effects for the others' error. 2) The significant effects for the others' error in joint action could involve motor and social aspects of individuals and the strength of the effects depends on the number of participants in the action.

研究分野：複合領域

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学，身体教育学

キーワード：運動制御 共同課題 最適化 社会性

1. 研究開始当初の背景

日常生活において、同様の動作を他者と一緒に行う状況は頻繁に生じる。スポーツでも、キャッチボールやパス練習などの基礎練習を横一列で一緒に行ってからゲームプレーに入るような流れはごく一般的なものだろう。このように隣り合わせの状態と同様のゴール指向性課題を行った場合、隣のプレイヤーのパフォーマンスがその時もしくはその後の自身のパフォーマンスに影響を及ぼすということがあるのだろうか？その影響を定量的に理解することは、効果的な個人練習法やその後の集団競技のパフォーマンス増大法等につながりうる。

パフォーマンスの指標として代表的なものの一つが、目的とする動作からのばらつき（エラー）である。仮に他者の動作のばらつきが自身のパフォーマンスに影響を与えるとすると、1) 個別練習時、隣り合わせのパートナーのパフォーマンスのばらつきが自身のばらつきの修正に与える影響、2) 個別練習時のパートナーのばらつきの大きさがその後の共同課題時の自身のパフォーマンスに与える影響、の2点が考えられる。そこで、本研究ではフォースセンサーを用いた力発揮課題を用いてこの二つの影響を検討することにした。

2. 研究の目的

隣り合わせでプレーを行う他者（パートナー）のエラーがどのように自身のプレーに影響を及ぼすのかに関して、以下の2点を明らかにすることを目的とした。

1) パートナーが隣り合わせで同一課題を遂行している状況において、他者のエラーは自身のエラー修正過程にどのような影響を及ぼすか？

2) 一定期間個別課題を隣り合わせで行った場合、他者と自身のエラーの大きさの比はその後行われる共同課題にどのような影響を及ぼすか？

当初は1)の影響を同定の上でその学習過程を検討する予定であったが、初年度において1)の影響がほとんど確認できず、むしろ2)の共同課題において他者エラーの影響が顕著であったため、最終年度は2)に重点を置いて研究を行った。また、実験課題も当初は上肢到達運動を予定していたが、共同課題時の組織化を検討する上では個々の貢献度がより自覚しづらい力発揮課題が最適と考えられたため、初年度に引き続き後者を適用した。

3. 研究の方法

実験1：個別課題・共同課題における他者エラーの影響：

2人組のペアでフォースセンサーを用いた力発揮課題を行った。被験者は、モニタ内の力の大きさを表すカーソル（図1の×印：力の大きさに合わせて位置が上下）と、標的力として表示される平行線（緑線）を見ながら、カーソルの中心を可能な限り正確に標的力に合わせるよう指示された。なお、力の発揮は一過性で、“3, 2, 1”のカウントダウンの後、利き手の第二指によって一過性の力のパルスを発揮し、そのピークを標的力に合わせた。課題条件は個別課題、共同課題の2種類（各60試技）で、個別課題では個々の力の大きさが、その後引き続き共同課題ではペアの力の合計値が提示された。また、相手のエラーの影響を調べるため、個別課題時に相手のカーソルも同時に表示されるDual Cursor条件（以下DC条件）と、自身のカーソルのみが提示されるSingle Cursor条件（以下SC条件）を設定した（両条件ともに15ペア、30名）。DC条件では、試技毎のフィードバックだけでなく、個別試技終了後に双方の後半50回分のばらつきもまとめて提示した。分析では、1) 個別課題時の自身のエラー修正に、隣り合わせの相手のエラーがどのような影響を及ぼしたか、2) 個別課題時の相手のパフォーマンスがその後の共同課題にどのような影響を及ぼしたか、が調べられた。

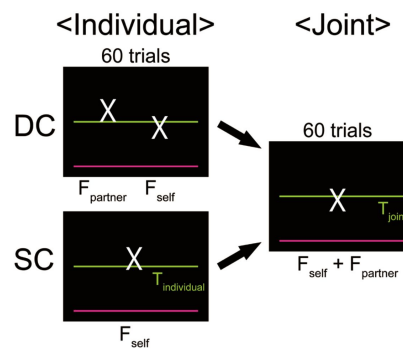


図1 実験1の設定。

実験2：共同課題における他者エラーの影響：冗長な力配分の決定

32組のペア（4組を除いては初対面）が上記と同様のフォースセンサーを用いて共同力発揮課題を行った。課題のゴールは、カーソル位置によって画面上に提示される2人の平均値を、標的力に正確かつ継続的に合わせることであった。試技時間は20秒間で、最初の4秒間のみ個々の力が表示された（図2A）。

この課題では2人の力の平均値さえ標的力に一致していればよく、ペア内の力配分は冗長である。実際、多くのペアにおいて、一方が大きめ、もう一方が小さめという力配分

がペア毎に安定して見られた(図2B). この力配分が何によって決定されるのかに関して, 事前に計測した継続課題中のエラーの大きさの比, 最大発揮力の比, そして社会性の指標となる自閉症スペクトラム指数(質問調査表によって簡便に調べる健常者の自閉症の割合)の比をペア毎に算出し, 力配分との相関を調べた. 更に, 通常刺激条件に加えて二つの異なる視覚刺激条件(疑似刺激条件, 無視覚刺激条件)も適用し, エラー情報がどのように力配分に影響を及ぼしているかを調べた(図2A).

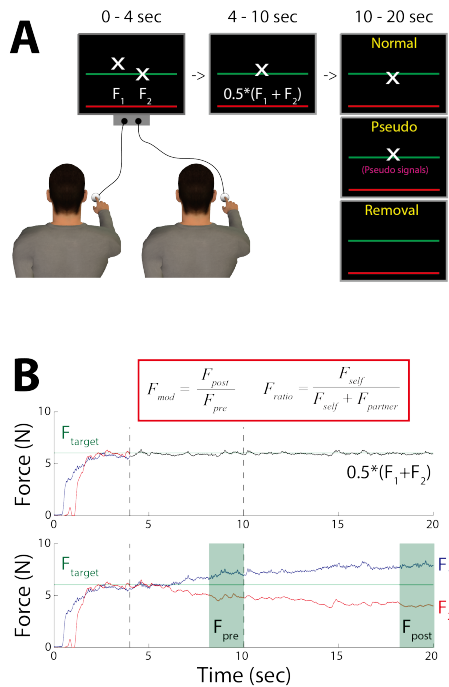


図2 A. 実験2の実験設定. B. 実験2の通常刺激条件の典型例.

実験3: 共同課題における他者エラーの影響: 課題に参画する人数の関係

上記と同様, フォースセンサーを用いて共同力発揮課題を行った. 被験者は3人組11組で, 各3人組から2人組を3組編成した(図3参照). 課題のゴールは, カーソル位置によって画面上に提示される2人もしくは3人の力の平均値を, 標的力に正確かつ継続的に合わせることで, 標的力には微弱なステップ状の外乱が課された. 試技時間は30秒間で, 最初の5秒間のみ個々の力が表示された.

力発揮課題では積極的なエラー修正が行われない限り自然な力の減衰が生じ, 共同課題においてはエラー修正を積極的に行っている被験者ほど最終的な力配分が大きくなる. そこで, 各試技最後5秒間の力配分を評価し, この配分がどのような要因に影響されているのかを調べた. この要因の候補として, 実験2と同様に個別課題におけるエラーの大きさの比(以下エラー比), 最大力の比(以

下最大力比), そして社会性の指標となる自閉症スペクトラム指数の比(以下 AQ 比)をグループ毎に算出し, 力配分との相関を調べた.

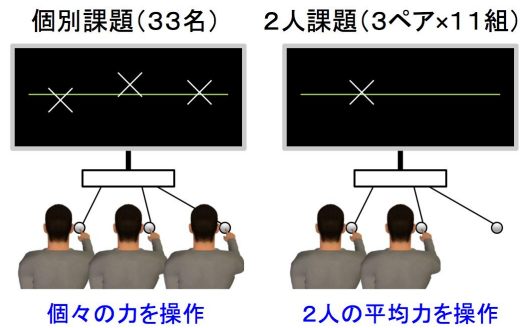


図3 実験3の設定.

実験4: 左右の手による両手課題

実験1, 2, 3と個人間における共同課題を対象としてきたが, これらの結果が個人間課題に特徴的なものか, あるいは両手協応課題のような個人内課題と共通のものなのかは議論の余地がある. 特に, 共同エラー修正時の位相に関して, 両手課題の場合は同位相とする研究と逆位相とする先行研究が混在しており, 本研究課題と同様の状況においてその特徴を把握する必要があった. そこで, 上記実験と同様のセンサー, 同様の実験設定を用いて両手による共同課題を行った. 18名の健常被験者が最大力の8%程度の標的力を5分間発揮した. 左右個々の力が提示される個別課題と, 両手の平均値が提示される共同課題が行われた. 左右の力の位相関係を, コヒーレンス解析等によって同定した. また, 強制的に逆位相, 同位相調整をさせた場合の応答を見るため, 個別条件において左右の標的力に同位相・逆位相の外乱を適用する課題も行った(図4).

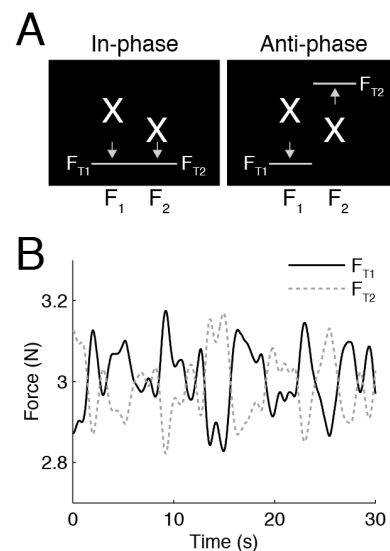


図4 実験4の外乱適用設定における刺激提示(A)と外乱パターンの時系列(B).

4. 研究成果

実験1：隣合わせの個別課題は共同課題時のエラー修正ゲインを増大させる

DC条件・個別課題時のエラー修正過程に関して、自身のエラーのみに基づいたエラー修正モデルと隣のパートナーのエラーも導入したエラー修正モデルの適合度をそれぞれ Akaike Information Criteria (以下 AIC) を用いて評価したところ、30名全ての被験者において自身のエラーのみに基づいた修正モデルの方が小さな AIC を示した。小さな AIC はモデルとしての適合度がより高いことを示すので、このことは他者のエラーの影響を加味しない方がエラー修正過程を適切に表現できることを示している。したがって、少なくともこの実験系においては、隣合わせで観察される他者のエラーは直接的には自身のエラー修正過程に影響を及ぼさないか、あったとしても非常に小さいことが示唆された。

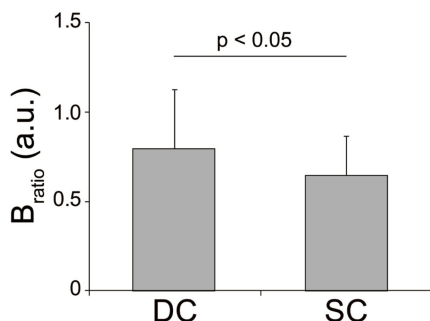


図5 共同課題におけるエラー修正ゲイン。

一方で、その後引き続き共同課題時のエラー修正ゲインに関しては、他者のエラーを隣合わせで観察しながら個別課題を行った DC グループが、自身のエラーのみ提示されていた SC グループよりも有意に大きい修正ゲインを示した (図5)。この修正ゲインの程度は適切な修正ゲインよりも強く、結果としてエラーの増大を引き起こしうる。このことは、パートナーと隣り合わせでの個別課題がその後の共同課題時のパフォーマンスを低下させる、という自身の先行研究の結果と矛盾しない。

このゲイン増大は他者エラーの大きさとは関係なく生じたことから、他者エラーの観察が social inhibition (課題施行時にパートナー、観客等の他者がいるとパフォーマンスが低下する現象) を賦活させたものと示唆された。

実験2：共同課題時に対する貢献度はパートナーとのエラー比だけでなく社会性の比で決まる

共同課題時の力配分は各ペア毎に無意識的かつ安定的に形成され、その値はペア内の

最大力比、エラー比、AQ比、いずれとも有意な相関を示した。また AIC を用いた重回帰解析では、最大力比と AQ 比によるモデルが実際の力配分と最も高い適合度を示した (図6)。このことは、パートナーに比べて最大力が大きいほど、また自閉症の傾向が強いほど、力配分が多くなることを示唆した。さらに、二つの視覚刺激条件の結果を解析したところ、個々の運動能力 (最大力比、エラー比) はエラー修正を行わない状態での自然な力の忘却率に、社会性は共同課題時のエラー修正に影響を及ぼしていることが明らかとなった。

これらの結果に基づき、忘却率を最大力に、共同課題時のエラー修正ゲインを AQ に関連づけた計算論的モデルを設定した。このモデルを用いてコンピュータシミュレーションを行ったところ、このモデルが実験結果を適切に再現すること、最大力などパートナーの情報に基づいた最適化過程がなくとも自発的に標的力や時間に応じた力配分が形成されることが示された。

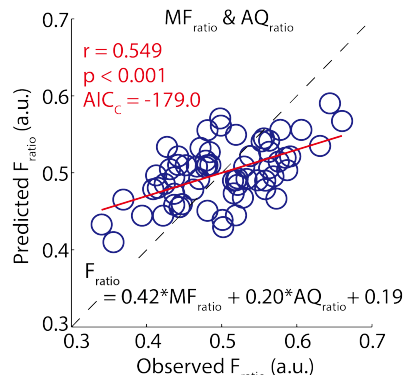


図6 最大力比 (MF_{ratio}) と AQ 比 (AQ_{ratio}) を用いた力配分の予測。横軸が実験値、縦軸が重回帰モデルによる予測値。

実験3：共同課題において社会性の影響は2人組よりも3人組の方が顕著である

実験1・2から、共同課題時のエラー修正には人間特有の社会性の影響が含まれる可能性が示唆された。そこで、エラー修正の度を反映する共同力発揮課題時の力配分に、パートナーのエラーや社会性の程度がどの程度反映されるのかを調べた。また、この貢献度は共同課題に参画する人数にも多いに影響を受けると考えられたため、標的力追従課題を2人組で行った場合と3人組で行った場合の差異を比較した。

共同課題では、無意識的かつ安定的な力配分が2人組においても3人組においても観察された。2人組の力配分は、個別課題時のエラーの大きさの比と有意な相関を示したが、3人組の力配分ではこの相関が消失し、かわりに社会性の指標となる自閉症スペクトラム指数の比との相関が有意となった。実

際に共同エラーに対する修正率を調べたところ、3人組の場合は自閉症スペクトラム指数の比と有意な相関を示した。(図7)

この結果は、2人組の場合はエラーの小さい方が積極的にエラーを修正し、3人組の場合は自閉症傾向の強い人ほど積極的にエラーを修正したことを示している。前者は2人組トータルでのエラーを最小限に抑えるという運動の最適化が、後者は個人間の社会的干渉が反映されていると考えられる。したがって、本実験の結果は、パートナーとなる他者のエラーの観察が、共同課題においては運動能力に基づく最適化と社会的干渉の両方を引き起こしうることを示唆した。

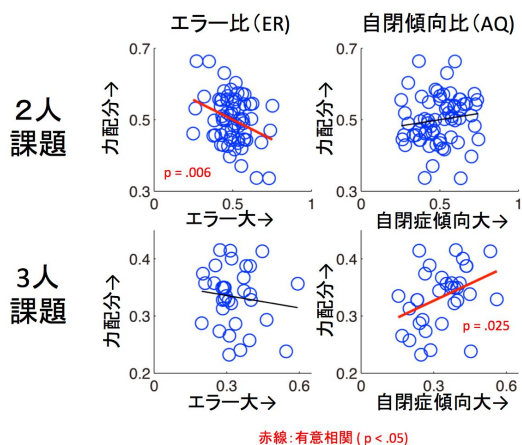


図7 力配分とエラー比，自閉症傾向比。

実験4：両手共同力発揮課題時のエラー修正には二つの位相が潜んでいる

実験1-3で観察された個人間共同課題時のエラー修正では、ペアの2人が所定のエラーに対して同方向に応答し(同位相)，長期的には一方が増大，もう一方が減少という逆の応答(逆位相)がみられることが示されてきた。一方，これと類似の両手共同課題では同様の結果は報告されていないため，この異なる二つの位相関係が同じ両手共同課題時の力の間に存在するか否かをコヒーレンスの評価により解析した。

その結果，左右の力変動は1Hz以下の低周波数領域では逆位相，それ以上の高周波数領域では同位相を示すことが明らかとなった(図8)。また，外乱適用実験では，この同位相関係が神経系の左右間干渉により生じているものであることが示唆され，この点が個人間共同課題とは顕著に異なる点と考えられた。

まとめ：

1) 隣合わせで同一課題を行う他者のエラーは，自身の試技毎のエラー修正過程には有意な影響を及ぼさなかったが，その後行われた

共同課題時のパフォーマンスにおいては有意な影響を示した。

2) この影響にはエラーに基づく共同パフォーマンスの最適化だけでなく個々の社会性を反映した修飾が含まれており，それぞれの影響の度合いは共同課題を行う人数に依存することが示唆された。

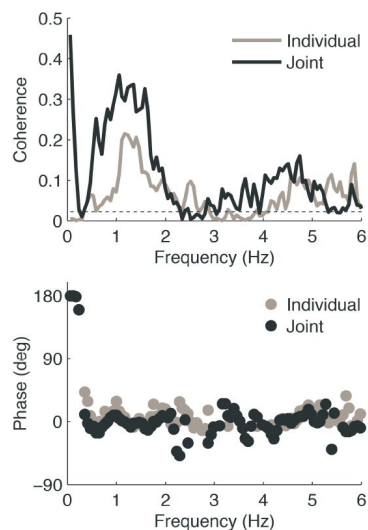


図8 個別(individual)および共同(joint)課題時のコヒーレンス(上)と位相(下)。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 3 件)

(1) 阿部匡樹 . 冗長解に対する運動制御系の方略を探る . *バイオメカニズム* 23, in press.

(2) Abe MQ, Sternad D. Directionality in distribution and temporal structure of variability in skill acquisition. *Frontiers in Human Neuroscience*, 225, 1-13, 2013.

(3) 阿部匡樹, 渡邊克巳 . 両手力制御における短期干渉と長期協調：相反する二つの側面は異なる周波数領域において共存する . *信学技報*, 113, 89-93, 2013.

[学会発表](計 16 件) *発表順

(1) 阿部 MQ, Watanabe K. Interpersonal coordination in joint action: Effect of embodied sociality. *Workshop on Perception, Cognition, and Action*, National Taiwan University, Taipei, 2013

(2) 阿部匡樹, 渡邊克巳 . Joint actionに埋め込まれた社会性：共同力発揮課題のエラー

修正と自閉症スペクトラム指数の関連：第3回社会神経科学研究会「社会的行動の決定機構」，自然科学研究機構岡崎コンファレンスセンター，東岡崎，2013。（Travel awardに選出）

(3)Abe MO, Watanabe K. A computational model for motor and social effects on joint force productions. *Translational and Computational Motor Control 2013*, San Diego, USA, 2013.

(4)Abe MO, Watanabe K. How do motor and social characteristics of individuals affect interpersonal organization on goal-directed joint actions? *Society for Neuroscience*, San Diego, USA, 2013.

(5)阿部匡樹，渡邊克巳. Joint actionにおける自発的組織化：共同力発揮課題の力配分は個々の運動および社会的側面を反映する 第7回Motor Control研究会，東京大学農学部弥生講堂・アネックス，2013.

(6)阿部匡樹．冗長な解に対する運動制御系のアプローチを探る：遂行変数の幾何学的・時系列的パターンの抽出．第23回バイオメカニズムシンポジウム，京都，2013.

(7)阿部匡樹，渡邊克巳．両手力制御における短期干渉と長期協調 相反する二つの側面は異なる周波数領域において共存する．ニューロコンピューティング研究会，沖縄科学技術大学院大学，沖縄，2013.

(8)Abe MO. Interpersonal coordination in of human behavior (首都大学東京人間健康科学研究科知覚運動研究室ワークショップ)，首都大学東京，東京，2013年6月19日.

(9)Abe MO, Watanabe K. Effects of motor optimization and social interaction on an interpersonal force matching task. *The 23rd Annual Meeting of the Neural Control of Movement*, San Juan, Puerto Rico, 2013.

(10)Abe MO, Watanabe K. Effect of partner's presence during practice on subsequent joint action. *Special session on "Fluency in Communication between Human, Machine, and Environment"*, 5th International Conference on Knowledge and Smart Technologies (KST-2013), Burapha University, Thailand, 2013.

(11)Abe MO, Watanabe K. Motor optimization and social interaction in joint action. *Time and Space in Perception and Action, Special International Seminar for Time Study*, Yamaguchi University, Japan, 2012.

(12)Abe MO, Watanabe K. Effect of visual feedback information on interpersonal force production. *Society for Neuroscience 2012*, New Orleans, USA, 2012.

(13)Abe MO, Watanabe K. Effect of prior information about partner performance on goal-directed joint action. *The 35th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society*(第35回日本神経科学学会), Nagoya, Japan, 2012.

(14)阿部匡樹. Two brains meet a task: 個人間共同運動制御における組織化. 北陸先端科学技術大学院大学情報科学研究科セミナー，北陸先端科学技術大学院大学，石川，2012.

(15)阿部匡樹，渡邊克巳．個人間協応課題におけるパーソナリティの影響．第21回運動学習研究会，大阪大学豊中キャンパス，大阪，2012.

(16)阿部匡樹，渡邊克巳．個人間および両手間共同力制御課題におけるエラー最小化過程の比較：組むべきは自分の手よりも他人の手、知っている手よりも知らない手？ 第6回Motor Control研究会，自然科学研究機構岡崎コンファレンスセンター，愛知，2012. (優秀発表賞に選出)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕
出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者
阿部 匡樹 (ABE, Masaki)
東京大学・先端科学技術研究センター・特任研究員
研究者番号：40392196

(2)研究分担者
なし

(3)連携研究者
なし